

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-11319

(P2000-11319A)

(43) 公開日 平成12年1月14日 (2000.1.14)

(51) Int.Cl.

G 1 1 B 5/31

識別記号

5/39

F I

G 1 1 B 5/31

5/39

テマコード (参考)

C 5 D 0 3 3

D 5 D 0 3 4

K

審査請求 有 請求項の数12 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平10-173304

(22) 出願日 平成10年6月19日 (1998.6.19)

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(72) 発明者 浦井 治雄

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(72) 発明者 斉藤 信作

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

(74) 代理人 100079164

弁理士 高橋 勇

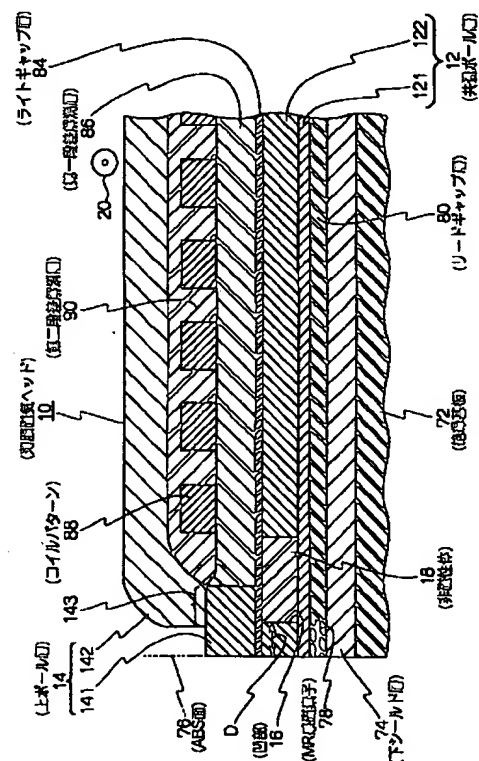
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜磁気ヘッド及びこれを用いた磁気記憶装置

(57) 【要約】

【課題】 狭トラック化に伴う高周波特性の劣化を防ぐ。

【解決手段】 本発明の薄膜磁気ヘッド10は、絶縁基板72上に、下シールド層74、ABS面76にMR感磁素子78を挟持したリードギャップ層80、上シールド層と下ポール層とを兼ねる共通ポール層12及びライトギャップ層84がこの順に積層され、ABS面76近傍を除くライトギャップ層84上に、第一段差解消層86、コイルパターン層88及び第二段差解消層90がこの順に積層され、ABS面76近傍のライトギャップ層84上及び第二段差解消層90上に上ポール層14が積層されてなるものである。ABS面76における上ポール層14の磁化容易軸が上ポール層14の膜厚方向であるので、磁化回転モードの高周波特性となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ABS面において、下ポール層、ライトギャップ層及び上ポール層が順次積層されてなる、薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記上ポール層は、ABS面に臨む先端部と、この先端部に接続部を介して接続されたヨーク部とからなり、ABS面における前記先端部の磁化容易軸が当該先端部の膜厚方向であることを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項2】 下ポール層上にライトギャップ層が積層され、ABS面近傍を除く前記ライトギャップ層上に、第一段差解消層、コイルパターン層及び第二段差解消層がこの順に積層され、少なくともABS面近傍の前記ライトギャップ層上に上ポール層が積層されてなる、薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記上ポール層は、ABS面に臨む先端部と、この先端部に接続部を介して接続されたヨーク部とからなり、ABS面における前記先端部の磁化容易軸が当該先端部の膜厚方向であり、

ABS面から離れた位置の前記下ポール層に凹部が設けられ、この凹部に非磁性体が充填され、この凹部によって前記上ポール層と前記下ポール層との間のギャップ深さが規定されている、

ことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項3】 絶縁基板上に、下シールド層、ABS面にMR感磁素子を挟持したリードギャップ層、上シールド層と下ポール層とを兼ねる共通ポール層及びライトギャップ層がこの順に積層され、ABS面近傍を除く前記ライトギャップ層上に、第一段差解消層、コイルパターン層及び第二段差解消層がこの順に積層され、少なくともABS面近傍の前記ライトギャップ層上に上ポール層が積層されてなる、薄膜磁気ヘッドにおいて、

前記上ポール層は、ABS面に臨む先端部と、この先端部に接続部を介して接続されたヨーク部とからなり、ABS面における前記先端部の磁化容易軸が当該先端部の膜厚方向であり、

ABS面から離れた位置の前記共通ポール層に凹部が設けられ、この凹部に非磁性体が充填され、この凹部によって前記上ポール層と前記下ポール層との間のギャップ深さが規定されている、

ことを特徴とする薄膜磁気ヘッド。

【請求項4】 前記MR感磁素子がGMR型である、請求項3記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項5】 前記下シールド層がスパッタ法により成膜されたものである、請求項3記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項6】 前記上ポール層の少なくとも前記先端部は、飽和磁束密度が1.6 T以上の材料からなる、請求項1、2又は3記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項7】 ABS面における前記先端部は、その膜厚 $t$ とこの膜厚 $t$ に垂直な先端幅 $W$ との関係が $t > W$ となっている、請求項1、2又は3記載の薄膜磁気ヘッ

ド。

【請求項8】 ABS面における前記先端部は、その膜厚 $t$ とこの膜厚 $t$ に垂直な先端幅 $W$ との関係が $t > 3W$ となっている、請求項1、2又は3記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項9】 前記凹部のABS面側の淵の形状がABS面に近づくにつれて狭くなっている、請求項2又は3記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項10】 前記接続部における前記ヨーク部は、前記先端部の上面及び両側面と前記ライトギャップ層とに接触している、請求項1、2又は3記載の薄膜磁気ヘッド。

【請求項11】 請求項1、2又は3記載の薄膜磁気ヘッドと、磁気記憶媒体と、この磁気記憶媒体と前記薄膜磁気ヘッドとの間で相対運動を生じさせる駆動手段とを備えた磁気記憶装置。

【請求項12】 前記磁気記憶媒体のトラック幅が1.2  $\mu\text{m}$ 以下である、請求項11記載の磁気記録装置。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、インダクティブ型の薄膜磁気ヘッド、及びこれを用いた磁気記憶装置に関する。

【0002】

【従来の技術】近年、ハードディスク装置の記録密度の上昇には目覚ましいものがある。1990年以降の記録密度を見ると、年率でほぼ60%の割合で上昇する傾向にある。ハードディスク装置の記録密度を向上させるには、磁気ヘッドのトラック幅を狭くすることにより、記録トラック密度を向上させる必要がある。さらに、記録密度の向上のためには、記録ビット密度の向上も同程度に重要である。記録ビット密度の向上に対しては、磁気記憶媒体の抗磁力(Hc)の増大が必要であるが、高Hcの磁気記憶媒体への書き込みには記録能力の高いインダクティブ記録ヘッドが必要となる。さらに、微小な記録ビットからの信号を効率よく検出するためには、MR再生ヘッドが必要となる。したがって、MR再生ヘッドとインダクティブ記録ヘッドとを組み合わせた、MR・インダクティブ複合型の薄膜磁気ヘッドが高密度記録に対して有望である。

【0003】図11は、従来の薄膜磁気ヘッドを示す断面図である。以下、この図面に基づき説明する。

【0004】従来の薄膜磁気ヘッド70は、絶縁基板72上に、下シールド層74、ABS面76にMR感磁素子78を挟持したリードギャップ層80、上シールド層と下ポール層とを兼ねる共通ポール層82及びライトギャップ層84がこの順に積層され、ABS面76近傍を除くライトギャップ層84上に、第一段差解消層86、コイルパターン層88及び第二段差解消層90がこの順に積層され、ABS面76近傍のライトギャップ層84

上及び第一段差解消層86上並びに第二段差解消層90上に上ポール層92が積層されてなる。

【0005】共通ポール層82は、MR再生ヘッドの再生分解能を向上させる上シールド層と、インダクティブ記録ヘッドの下ポール層との役割を兼ねている。MR感磁素子78は、ABS面76で対向する図示しない磁気記憶媒体からの信号磁界を検出する。ライトギャップ層84の膜厚は、インダクティブ記録ヘッドのギャップとなる。第一段差解消層86はコイルパターン層88の絶縁土台となり、第二段差解消層90はコイルパターン層88の凹凸を解消する。ABS面76近傍におけるライトギャップ層84上の第一段差解消層86のない部分は、インダクティブ記録ヘッドのギャップ深さDを規定する。記録トラック幅は、上ポール層92の先端幅W（図示せず）により決定される。なお、先端幅Wとは、上ポール層92のABS面76（先端部）における図面に垂直な方向での幅のことであり、図2等に示されている。

【0006】高密度記録時の記録能力を高めるためには、ギャップ深さDを1 $\mu$ m程度以下に小さくする必要がある。また、高記録密度に対応するためには、できるだけ狭い先端幅Wを持つ上ポール層92を実現することが必要である。さらに、記録密度（特に線記録密度）が高くなると記録再生のデータ転送レートも高くなるので、高密度記録対応の磁気ヘッドには高速記録能力が必要とされる。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】第一の課題は、ギャップ深さD及び先端幅Wを微細化するための、十分なパターン精度が得られないという点である。以下に詳しく説明する。

【0008】必要なギャップ深さDを形成するためには、ギャップ深さDを規定する第一段差解消層86を、ABS面76側にかかり接近させなければならない。そのため、従来の薄膜磁気ヘッド70では、上ポール層92をフレームメッキ法で形成するためのレジストフレームパターン（図示せず）を形成するときに、次のような問題があった。

【0009】第一段差解消層86、コイルパターン層88及び第二段差解消層90が順次積層された後、レジストフレームパターンが形成される。このとき、先端部において、ライトギャップ層84と第二段差解消層90との間には大きな段差が生じている。そのため、先端部におけるレジストフレームパターンのレジスト膜厚が例えば10 $\mu$ m以上になるので、細いパターンを露光形成する際の精度が低下する。また、第一段差解消層86及び第一段差解消層90の先端側は曲面形状になっている。そのため、その曲面に露光時の光が反射することにより、レジストフレームパターンのABS面76近傍にオーバー露光が生じやすい。

【0010】その結果、上ポール層92の先端部を形成するためのレジストフレームパターンは、大膜厚かつ部分的オーバー露光により狭トラックパターンが得られなくなる。したがって、必要なギャップ深さDを得ようとすると、必要な先端幅Wが得にくくなる。

【0011】第二の課題は、先端幅Wの微細化すなわち狭トラック化を実現したとすると、高周波特性が劣化してしまう点である。以下に詳しく説明する。

【0012】図12は、磁性薄膜の磁区構造を示す説明図である。図13は、磁性薄膜の透磁率の周波数依存性を示すグラフである。以下、図11乃至図13に基づき説明する。

【0013】薄膜磁気ヘッド70の記録特性／再生特性の周波数応答は、その記録ポール磁区形状に大きく依存する。図12に示すように、シート状の磁性薄膜100の透磁率は、磁性薄膜100の磁化容易軸102の方向と、外部から印加される信号磁界110の方向とにより大きく変わる。磁性薄膜100内の磁区構造は、磁化容易軸102に平行な磁化方向104aを有する磁区106aが大部分を占め、磁化容易軸102に垂直な磁化方向104bを有する三角形状の磁区106bが磁区106aに隣接することにより、磁性薄膜パターンの端部に磁界が出ないような還流磁区構造となっている。それぞれの磁区106a、106bの境界が磁壁108である。

【0014】図12〔1〕に示すように、磁化容易軸102と信号磁界110とが直行する場合を「回転磁化モード」という。図12〔2〕に示すように、磁化容易軸102と信号磁界110とが平行である場合を「磁壁移動モード」という。図13に示すように、回転磁化モードは、磁壁移動モードよりも高周波特性が2桁程度良好である。これは、磁化の回転速度は、磁壁の移動速度よりも2～3桁速いことによる。

【0015】これを反映して、従来の薄膜磁気ヘッドは、C. D. Mee & E. D. Daniel編、MacGraw Hill社発行の'Magnetic Recording Technology, 2nd Edition (1996年発行)'のFig. 6. 29 (p. 6. 34) 及び Fig. 6. 30 (p. 6. 35) に示される磁区構造、即ち信号磁界に垂直な磁気異方性を持ち、記録ポール先端で信号磁界に垂直な磁化を持つ磁区構造をとるように形成される。

【0016】図14は従来の薄膜磁気ヘッドの磁区構造を示す説明図であり、図14〔1〕が平面図、図14〔2〕が正面図である。図15は狭トラックにした場合の従来の薄膜磁気ヘッドの磁区構造を示す説明図であり、図15〔1〕が平面図、図15〔2〕が正面図である。以下、図11、図14及び図15に基づき説明する。

【0017】図14に示すように、薄膜磁気ヘッド70において、共通ポール層82及び上ポール層92の磁区構造は、信号磁界110に磁化容易軸102が直行するように形成される。これにより、回転磁化モードを実現

している。

【0018】しかしながら、図15に示すように、記録トラック幅が小さくなると、上ポール層92の先端部では、パターン端部の反磁界の増大を防ぐために、磁化容易軸102が信号磁界110に垂直であっても、磁化はパターン端部に沿った配置になる。この上ポール層92の先端部の磁区構造では、信号磁界110に対する磁化の応答が磁壁移動モードとなるので、高周波特性が劣化する。

【0019】

【発明の目的】そこで、本発明の目的は、狭トラック化による高周波特性の劣化を招くことなく、ギャップ深さD及び先端幅Wを精度良く微細化することのできる薄膜磁気ヘッド、及びこれを用いた磁気記憶装置を提供することにある。

【0020】

【課題を解決するための手段】本発明に係る薄膜磁気ヘッドは、ABS面において、下ポール層、ライトギャップ層及び上ポール層が順次積層されてなるものである。そして、前記上ポール層がABS面に臨む先端部とこの先端部に接続部を介して接続されたヨーク部とからなり、ABS面における前記先端部の磁化容易軸が当該先端部の膜厚方向になっている。上ポール層の先端部の磁化容易軸は、先端部の膜厚方向であるため、信号磁界と垂直となる。そのため、記録時の周波数応答が磁化回転モードとなる。

【0021】請求項2記載の薄膜磁気ヘッドは、下ポール層上にライトギャップ層が積層され、ABS面近傍を除く前記ライトギャップ層上に、第一段差解消層、コイルパターン層及び第二段差解消層がこの順に積層され、少なくともABS面近傍の前記ライトギャップ層上に上ポール層が積層されてなるものである。そして、前記上ポール層がABS面に臨む先端部とこの先端部に接続部を介して接続されたヨーク部とからなり、ABS面における前記先端部の磁化容易軸が当該先端部の膜厚方向であり、ABS面から離れた位置の前記下ポール層に凹部が設けられ、この凹部に非磁性体が充填され、この凹部によって前記上ポール層と前記下ポール層との間のギャップ深さが規定されている。

【0022】ギャップ深さは、ABS面から第一段差解消層の先端までの距離によって規定されるのではなく、ABS面から凹部の淵までの距離によって規定される。凹部は平坦な下ポール層に形成されるので、凹部を形成するためのフォトリソグラフィ技術における問題点は生じない。また、上ポール層の先端部を形成するためのレジストフレームパターンは、第一段差解消層をABS面から十分に離すことができるので、膜厚が大きくなった、オーバー露光になったりすることがない。したがって、上ポール層の先端部の幅を狭くできる。この幅を狭くしても、前述の理由により、記録時の周波数応答は磁

化回転モードとなる。

【0023】請求項3記載の薄膜磁気ヘッドは、絶縁基板上に、下シールド層、ABS面にMR感磁素子を挟持したリードギャップ層、上シールド層と下ポール層とを兼ねる共通ポール層及びライトギャップ層がこの順に積層され、ABS面近傍を除く前記ライトギャップ層上に、第一段差解消層、コイルパターン層及び第二段差解消層がこの順に積層され、少なくともABS面近傍の前記ライトギャップ層上に上ポール層が積層されてなるものである。そして、前記上ポール層がABS面に臨む先端部とこの先端部に接続部を介して接続されたヨーク部とからなり、ABS面における前記先端部の磁化容易軸が当該先端部の膜厚方向であり、ABS面から離れた位置の前記共通ポール層に凹部が設けられ、この凹部に非磁性体が充填され、この凹部によって前記上ポール層と前記下ポール層との間のギャップ深さが規定されている。すなわち、請求項3記載の薄膜磁気ヘッドは、MR再生ヘッドとインダクティブ記録ヘッドとを組み合わせた、MR・インダクティブ複合型の薄膜磁気ヘッドである。

【0024】請求項4乃至10記載の薄膜磁気ヘッドは、請求項1、2又は3記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、構成要素の一部を限定したものである。請求項11又は12記載の磁気記憶装置は、請求項1、2又は3記載の薄膜磁気ヘッドを用いたものである。

【0025】請求項4記載の薄膜磁気ヘッドは、請求項3記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記MR感磁素子がGMR型である。GMR感磁素子の膜構成は、例えば、下シールド層側からTa(3nm)、NiFe(8nm)、CoFe(1nm)、Cu(2.5nm)、CoFe(3nm)、NiMn(30nm)である。このMR感磁素子は、磁気抵抗比が約5%と従来のMR感磁素子の磁気抵抗比の約2倍であり、狭トラック高密度の再生磁気ヘッドとして適したものとなっている。

【0026】請求項5記載の薄膜磁気ヘッドは、請求項3記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記下シールド層がスパッタ法により成膜されたものである。例えば、下シールド層は、非晶質CoTaMoをスパッタ成膜し、膜形成後350℃で異方性付与磁界中で熱処理をし、しかる後に下シールドパターン形状をイオンミリングで形成する。下シールド層がスパッタ膜であると、その表面はメッキ法で作製したNiFe膜の表面よりも結晶粒径が小さく滑らかとなる。そのために、その上に設けるMR感磁素子の特性が良好となる。

【0027】請求項6記載の薄膜磁気ヘッドは、請求項1、2又は3記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、前記上ポール層の少なくとも前記先端部が、飽和磁束密度1.6T以上の材料からなる。そのような材料は、例えば、飽和磁束密度が1.8T以上であるCoFeNi系材料である。これにより、記録トラック幅が狭くなることによる発生記録磁界の減少を補償することが可能となり、狭トラック記

録に適した磁気ヘッドが実現される。

【0028】請求項1、2又は3記載の薄膜磁気ヘッドにおいて、ABS面における前記先端部の膜厚を $t$ 、この膜厚 $t$ に垂直な先端幅を $W$ とする。請求項7記載の薄膜磁気ヘッドでは $t > W$ 、請求項8記載の薄膜磁気ヘッドでは $t > 3W$ となっている。 $t > W$ であると、磁性体内部の反磁界の差による形状異方性が膜厚方向に形成される。この形状異方性による磁化容易軸が膜厚方向に形成されるには、イントリンシックな磁気異方性と、ポールハイトラップ等の応力による歪み誘導異方性とを考慮すると、 $t > 3W$ であることが好ましい。

【0029】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明に係る実施形態を説明する。ただし、全図において、同一部分には同一符号を付すこととし、これにより重複説明を省略する。

【0030】図1及び図2は本発明に係る薄膜磁気ヘッドの第一実施形態（基本構成）を示し、図1は図2におけるI-I線縦断面図、図2は一部を省略した斜視図である。以下、これらの図面に基づき説明する。

【0031】本実施形態の薄膜磁気ヘッド10は、絶縁基板72上に、下シールド層74、ABS面76にMR感磁素子78を挟持したリードギャップ層80、上シールド層と下ポール層とを兼ねる共通ポール層12及びライトギャップ層84がこの順に積層され、ABS面76近傍を除くライトギャップ層84上に、第一段差解消層86、コイルパターン層88及び第二段差解消層90がこの順に積層され、ABS面76近傍のライトギャップ層84上及び第二段差解消層90上に上ポール層14が積層されてなるものである。そして、ABS面76から離れた位置の共通ポール層12に凹部16が設けられ、凹部16に非磁性体18が充填され、凹部16によって上ポール層14と共通ポール層12との間のギャップ深さ $D$ が規定されている。ギャップ深さ $D$ を図1に、先端幅 $W$ を図2にそれぞれ示す。

【0032】MR感磁素子78、下シールド層74、リードギャップ層80、上シールド層としての共通ポール層12等により、MR再生ヘッドが構成されている。下ポール層としての共通ポール層12、ライトギャップ層84、第一段差解消層86、コイルパターン層88、第二段差解消層90、上ポール層14等により、インダクティブ記録ヘッドが構成されている。共通ポール層12は、下側の共通ポール層121と上側の共通ポール層122とからなり、共通ポール層122の一部が貫通して凹部16となっている。上ポール層14は、ABS面76に臨む先端部141と、先端部141に接続するヨーク部142とからなる。先端部141とヨーク部142とは、接続部143を介して接続されている。凹部16には、レジストからなる非磁性体18が平坦に埋め込まれている。共通ポール層122の表面と非磁性体18の

表面とは、面一になっている。先端部141及び共通ポール層12には、飽和磁束密度( $B_s$ )が1.4~2.1Tの高 $B_s$ 材料が使用されている。

【0033】ギャップ深さ $D$ は、ABS面76から第一段差解消層86の先端までの距離によって規定されるのではなく、ABS面76から凹部16の淵までの距離によって規定される。凹部16は、平坦な下ポール層としての共通ポール層12に形成される。そのため、凹部16を形成するフォトリソグラフィ技術では、特に問題点は生じない。また、先端部141を形成するためのレジストフレームパターン（図示せず）は、第一段差解消層86及び第二段差解消層90をABS面76から十分に離すことができるので、膜厚が大きくなったり、オーバー露光になったりすることがなく、高精度の狭トラックパターンが得られる。

【0034】共通ポール層12の磁化容易軸12Aは、信号磁界110に実質的に垂直である。先端部141の磁化容易軸141Aは、実質的に膜厚方向（即ち磁性膜面に垂直）に平行である。ヨーク部142の磁化容易軸142Aは、磁性膜面内で信号磁界110に垂直である。先端部141の膜厚 $t$ と先端幅 $W$ とは、 $t > W$ の関係になっている。

【0035】図3乃至図5は、図1の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例を示す断面図である。この断面図は、図1と同様、薄膜磁気ヘッドの記録トラック幅中心部で切断したものである。以下、この図面に基づき、図1の薄膜磁気ヘッドの製造方法を説明する。

【0036】プロセス(a) …図3(a)

まず、スライダ材料となる $Al_2O_3-TiC$ セラミック基板に $Al_2O_3$ 絶縁層を設けた絶縁基板72上に、NiFe下地膜（図示せず）をメッキ法で成膜する。続いて、露光現像工程で所定のレジストパターンを形成し、膜厚 $2\mu m$ のNiFeメッキ膜からなる下シールド層74をメッキ法で形成する。このメッキ成膜中は、下シールド層74の磁化容易軸が膜面内で信号磁界に垂直となるように、予め異方性付与磁界20をほぼ100Oeの強度で印加しておく。続いて、レジストフレームを有機溶剤で除去し、NiFe下地膜をドライエッチング法で除去する。以下、フレームメッキ法に伴う、メッキ下地の成膜及び除去並びにレジスト除去の工程は、どこでもこれと同じであるので、その説明を省略する。続いて、膜厚100nmの $Al_2O_3$ からなるリードギャップ層80の下側部をスパッタ法で成膜し、磁気記憶媒体より信号磁界を検出するMR感磁素子78を形成する。なお、MR感磁素子78は、 $CoZrMo(20nm)/Ta(15nm)/NiFe(20nm)$ の三層構造からなるソフト・アジェイセント・レイヤMR素子である。さらに、膜厚80nmの $Al_2O_3$ からなるリードギャップ層80の上側部をスパッタ法で形成する。

【0037】プロセス(b) …図3(b)

下側の共通ボール層121のレジストフレームパターンを露光現像工程で形成し、膜厚1 $\mu$ mのNiFeメッキ膜からなる共通ボール層121をフレームメッキ法により形成する。このメッキ成膜中も、プロセス(a)と同じ異方性付与磁界20を印加しておく。

【0038】プロセス(c) …図3(c)

ギャップ深さDを規定する平面的に矩形状の凹部16を形成するために、矩形のレジストパターンを露光現像工程で形成し、膜厚1.5 $\mu$ mのNiFeメッキ膜からなる上側の共通ボール層122をメッキ法で形成する。このメッキ成膜中も、プロセス(a)と同じ異方性付与磁界20を印加しておく。メッキ終了後、矩形のレジストパターンを除去することにより、凹部16が形成される。

【0039】プロセス(d) …図4(d)

凹部16の部分にレジストからなる非磁性体18を埋め込むために、共通ボール層122の1.5倍の膜厚のレジストパターンを露光現像工程で形成する。続いて、オープン又はホットプレートを用い100～120℃かつ30分の熱処理によりレジストを軟化させ、これにより凹部16内部をレジストで埋め込む。続いて、さらに250～270℃かつ30分で熱硬化させる。この時点で、共通ボール層122の上部とレジストの上部とは、ほぼ平坦になる。

【0040】プロセス(e) …図4(e)

膜厚350nmのAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜をスパッタ法で成膜することにより、ライトギャップ層84を形成する。

【0041】プロセス(f) …図4(f)

膜厚4 $\mu$ mかつトラック幅(先端幅W)1.2 $\mu$ mの上ボール層14を実現するため、NiFeメッキ膜からなる先端部141をフレームメッキ法により形成する。このメッキ成膜中に、膜面に垂直な異方性付与磁界22を約500Oe印加することにより、先端部141の磁化容易軸を膜面に垂直に形成する。

【0042】プロセス(g) …図5(g)

先端部141の膜厚とほぼ等しい膜厚の第一段差解消層86を、レジストパターンを露光現像工程で形成する。続いて、オープン又はホットプレートで100～120℃かつ30分の熱処理によりレジストを軟化させ、さらに250～270℃かつ30分でレジストを熱硬化させることにより第一段差解消層86を形成する。

【0043】プロセス(h) …図5(h)

所定の形状のレジストパターンを露光現像工程で形成した後、膜厚3 $\mu$ mのCuメッキ膜からなるコイルパターン88をメッキ法により形成する。

【0044】プロセス(i) …図5(i)

レジストパターンを露光現像工程で所定の形状に形成することにより、第二段差解消層90形成する。続いて、オープン又はホットプレートで100～120℃かつ30分の熱処理によりレジストを軟化させ、さらに250～270℃かつ60分でレジストを熱硬化させる。

【0045】プロセス(j) …図1

先端部141の後方の接続部143にヨーク部142が重なるように、ヨーク部142を形成するレジストフレームパターンを露光現像工程で形成する。続いて、フレームメッキ法により、先端部141と等しい膜厚3 $\mu$ mのNiFe膜からなるヨーク部142を形成する。このメッキ成膜中は、プロセス(a)と同じ異方性付与磁界20を印加しておく。

【0046】図6は薄膜磁気ヘッド10の磁区構造を示す説明図であり、図6〔1〕が平面図、図6〔2〕が正面図、図6〔3〕が側面図である。以下、この図面に基づき薄膜磁気ヘッド10の動作を説明する。

【0047】図6〔3〕に、先端部141の磁化容易軸141A、及び信号磁界110を示す。図6〔1〕に示すように、ヨーク部142は、従来の薄膜磁気ヘッドと同等の磁区構造を示す。一方、先端部141は、その磁気異方性の方向が膜面に垂直であるため、膜面に垂直な磁化方向141Bを持つ磁区構造を持つ。このような磁区構造を持つ上ボール層14に信号磁界110が印加されると、先端部141の磁化方向141Bが信号磁界110に対して垂直であるため、その磁化の変化は図12〔1〕に示した回転磁化モードとなる。

【0048】なお、以上の説明では信号磁界として外部からの印加磁界を例に述べてきた。しかし、実際の薄膜磁気ヘッド10での記録時には、上ボール層14に印加される磁界(励磁磁界)は、コイルパターン層88に流れる電流によって発生する。いうまでもないが、励磁磁界に対する先端部141の磁化応答は、外部からの信号磁界による磁化応答と同等である。

【0049】図7は、本発明に係る薄膜磁気ヘッドの第二実施形態(凹部コーナ形状)を一部を省略して示す平面図である。以下、この図面に基づき説明する。

【0050】図3(c)で示したプロセスにおいて、共通ボール層122に設けられた凹部16の水平方向の断面形状は矩形である。これに対して、本実施形態における凹部161は、図8に示すように、凹部161のABS面76側の淵の形状がABS面76に近づくにつれて狭くなっている。これにより、磁気抵抗を下げるができる。このとき、接続部143aは、凹部161の外形より小さくする。これにより、磁束の漏れが制限できるので、磁気記録効率の良いインダクティブ記録ヘッドが得られる。

【0051】図8は、本発明に係る薄膜磁気ヘッドの第三実施形態(凹部円形)を一部を省略して示す平面図である。以下、この図面に基づき説明する。

【0052】本実施形態における凹部162は、図9に示すように、水平方向の断面形状がほぼ円形になっている。これにより、磁気抵抗をさらに下げることができる。このとき、接続部143bは、凹部162の外形より小さい円形とする。これにより、磁束の漏れが制限で

きるので、磁気記録効率の良いインダクティブ記録ヘッドが得られる。

【0053】図9は本発明に係る薄膜磁気ヘッドの第四実施形態（接続部かぶさり）を示し、図9（a）は一部を省略して示す正面図、図9（b）は図9（a）におけるX-X線縦断面図、図9（c）は一部を省略して示す平面図である。以下、これらの図面に基づき説明する。

【0054】ヨーク部142aは、接続部143c、143dを介して先端部141に接続されている。接続部143cは先端部141の上面であり、接続部143dは先端部141の両側面である。つまり、ヨーク部142aは、先端部141の外周を覆い、ライトギャップ層84にも接触している。本実施形態によれば、接続部における接触面積が大きいので、接続部での磁気抵抗を下げることができる。また、ヨーク部142aと先端部141とを接続する接続精度に対して十分な余裕がある。また、このような形状の場合でも、先端部141のトラック幅を規定する部分の形状は変わらないので、その磁区構造が接続部143c、143dの形状に影響されることはない。

【0055】図10は本発明に係る薄膜磁気ヘッドを用いた磁気記憶装置の一実施形態を示す概略構成図である。以下、この図面に基づき説明する。

【0056】本実施形態の磁気記憶装置30は、第一実施形態の薄膜磁気ヘッド10、磁気記憶媒体32、磁気記憶媒体32を回転させるスピンドルモータ34、薄膜磁気ヘッド10を磁気記憶媒体32上で移動させるボイスコイルモータ36、図示しない上位装置にからの指令に基づき動作する制御部38等によって構成されている。制御部38は、スピンドルモータ34及びボイスコイルモータ36を駆動するとともに、薄膜磁気ヘッド10によって磁気記憶媒体32に対しデータの記録・再生を行う。

【0057】本実施形態の磁気記録装置は、薄膜磁気ヘッド10を用いているので、記録トラック幅が $1.2\mu\text{m}$ 以下である。このトラック幅で実現できる記録密度は4Gビット/（インチ）<sup>2</sup>以上である。そのため、3.5インチφディスクを用いれば、1枚あたり5Gバイト以上の高記録密度を有する磁気記録装置が容易に提供できる。

【0058】なお、本発明は、いうまでもなく、上記実施形態に限定されるものではない。例えば、本発明に係る薄膜磁気ヘッドは、MR・インダクティブ複合型の薄膜磁気ヘッドに限らず、インダクティブ型のみからなる薄膜磁気ヘッド、MR型以外の再生ヘッドとインダクティブ型の記録ヘッドとの複合型薄膜磁気ヘッド等でもよい。また、下シールド層としては、NiFeのメッキ膜に限らず、例えばFeAlSi、CoZrTa、FeTa<sub>2</sub>N等のスパッタ膜でもよい。

【0059】

【発明の効果】本発明に係る薄膜磁気ヘッドによれば、ABS面における上ポール層の先端部の磁化容易軸を先端部の膜厚方向に一致させたことにより、先端部の磁化方向を信号磁界に対して垂直にできるので、磁化回転モードの磁界/磁化配置を実現できる。したがって、従来技術により狭トラック化した場合に生じる磁壁移動モードの磁界/磁化配置を回避できるので、狭トラック化した場合における励磁磁界応答の高周波特性を向上できる。

【0060】また、ABS面から離れた位置の下ポール層又は共通ポール層に凹部が設けられ、この凹部に非磁性体が充填され、この凹部によってギャップ深さが規定されていることにより、ABS面から第一段差解消層の先端までの距離によってギャップ深さが規定されない。そのため、第一段差解消層をABS面から十分に離すことができるので、上ポール層の先端部を形成するためのレジストフレームパターンは、第一段差解消層等の段差によって膜厚が大きくなったり、第一段差解消層等の反射光によってオーバー露光になったりすることがない。したがって、ギャップ深さ及び先端幅を精度良く微細化することができるので、狭トラック化を容易に達成できる。例えば、従来技術では、Hgのg線露光で $1.7\mu\text{m}$ のトラック幅を形成するのが限界であった。これに対し、本発明では、 $1.2\mu\text{m}$ トラック幅を容易に形成できる。Hgのi線による縮小投影露光方法を本発明に適用すると、 $0.8\mu\text{m}$ 以下のサブミクロンの狭トラック記録ボール先端部の形成が可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る薄膜磁気ヘッドの第一実施形態を示す、図2におけるI-I線縦断面図である。

【図2】図1の薄膜磁気ヘッドを示す、一部を省略した斜視図である。

【図3】図1の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例を示す断面図であり、図3（a）、図3（b）、図3（c）の順に工程が進行する。

【図4】図1の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例を示す断面図であり、図4（d）、図4（e）、図4（f）の順に工程が進行する。

【図5】図1の薄膜磁気ヘッドの製造方法の一例を示す断面図であり、図5（g）、図5（h）、図5（i）の順に工程が進行する。

【図6】図1の薄膜磁気ヘッドの磁区構造を示す説明図であり、図6〔1〕が平面図、図6〔2〕が正面図、図6〔3〕が側面図である。

【図7】本発明に係る薄膜磁気ヘッドの第二実施形態（凹部コーナ形状）を一部を省略して示す平面図である。

【図8】本発明に係る薄膜磁気ヘッドの第三実施形態（凹部円形）を一部を省略して示す平面図である。

【図9】本発明に係る薄膜磁気ヘッドの第四実施形態



(接続部がぶさり)を示し、図9(a)は一部を省略して示す正面図、図9(b)は図9(a)におけるX-X線縦断面図、図9(c)は一部を省略して示す平面図である。

【図10】本発明に係る薄膜磁気ヘッドを用いた磁気記憶装置の一実施形態を示す概略構成図である。

【図11】従来の薄膜磁気ヘッドを示す断面図である。

【図12】磁性薄膜の磁区構造を示す説明図であり、図12〔1〕は磁化回転モードであり、図12〔2〕は磁壁移動モードである。

【図13】磁性薄膜の透磁率の周波数依存性を示すグラフである。

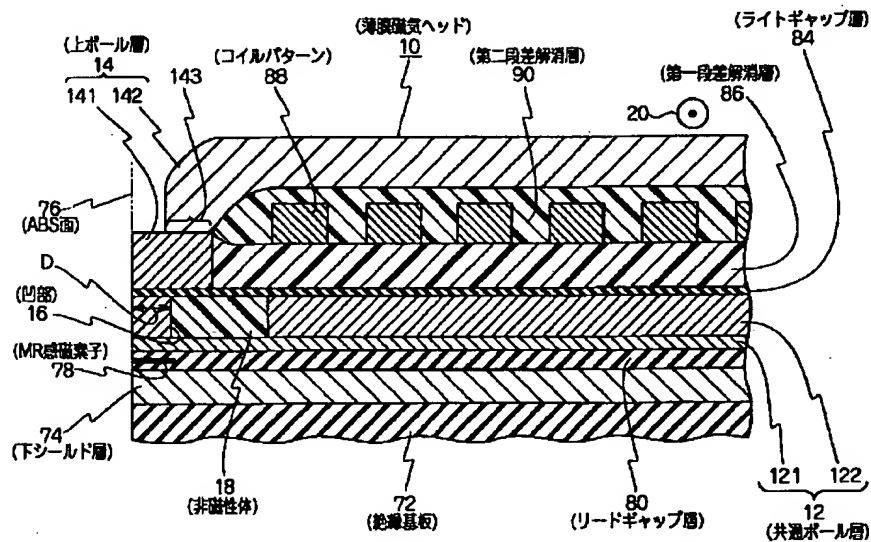
【図14】従来の薄膜磁気ヘッドの磁区構造を示す説明図であり、図14〔1〕が平面図、図14〔2〕が正面図である。

【図15】狭トラックにした場合の従来の薄膜磁気ヘッドの磁区構造を示す説明図であり、図15〔1〕が平面図、図15〔2〕が正面図である。

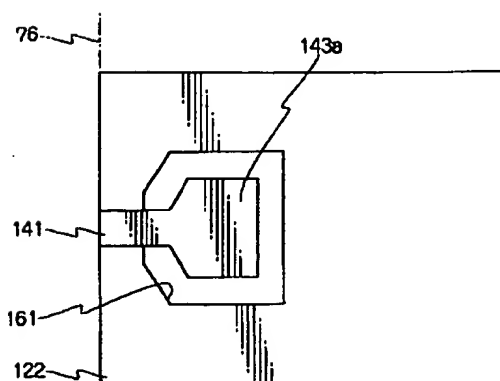
#### 【符号の説明】

- 10 薄膜磁気ヘッド
- 12 共通ポール層
- 14 上ポール層
- 16 凹部
- 18 非磁性体
- 72 絶縁基板
- 74 下シールド層
- 76 ABS面
- 78 MR感磁素子
- 80 リードギャップ層
- 84 ライトギャップ層
- 86 第一段差解消層
- 88 コイルパターン層
- 90 第二段差解消層
- D ギャップ深さ
- W 先端幅

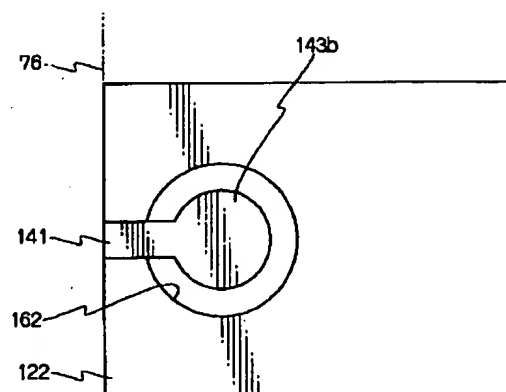
【図1】



【図7】

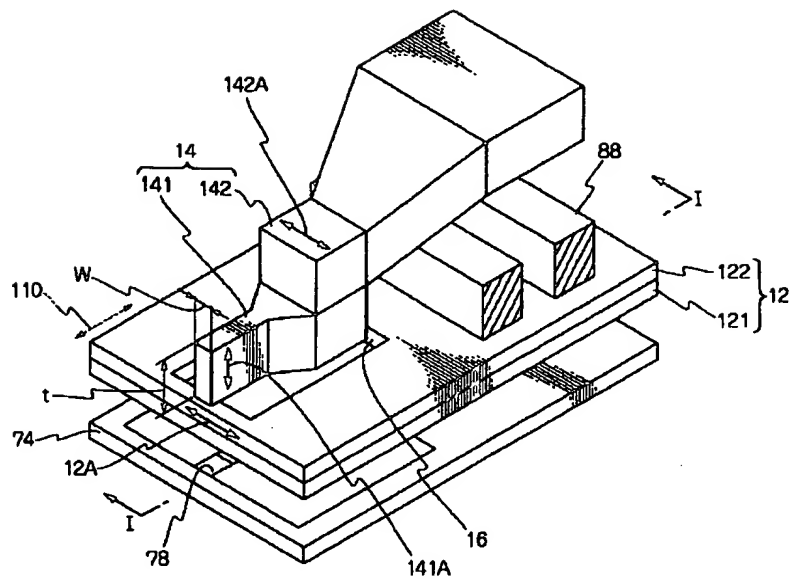


【図8】

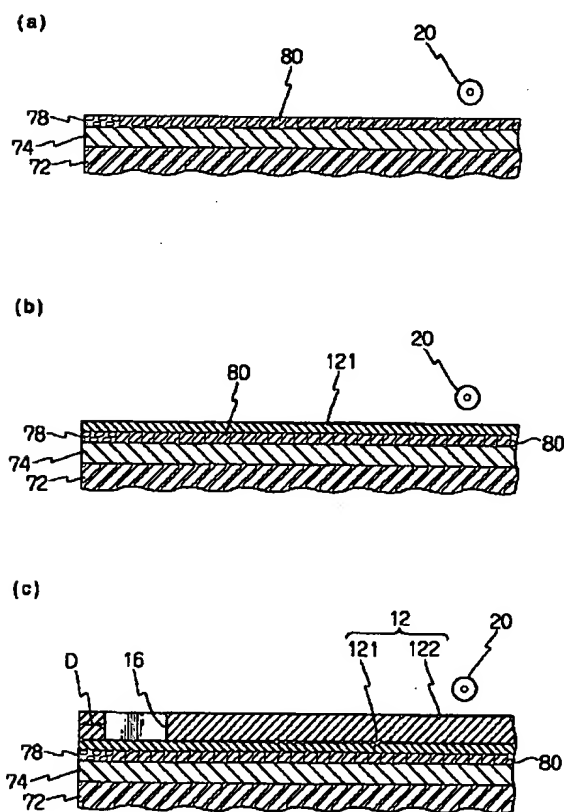




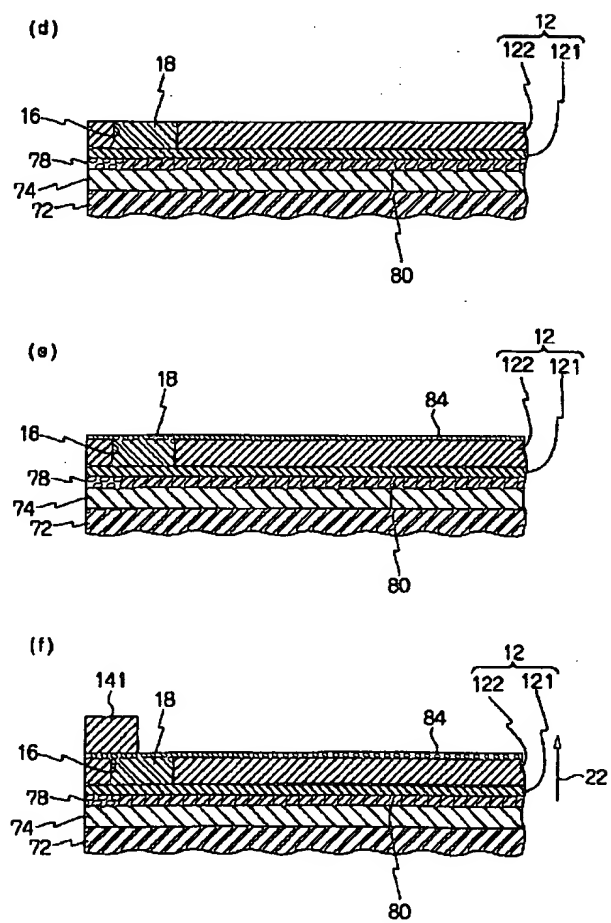
【圖 2】



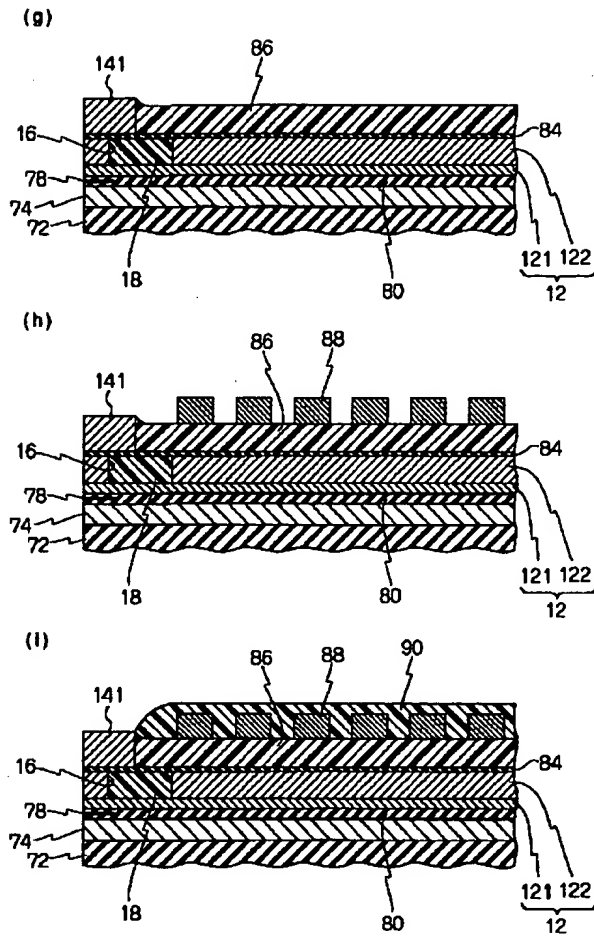
【図 3】



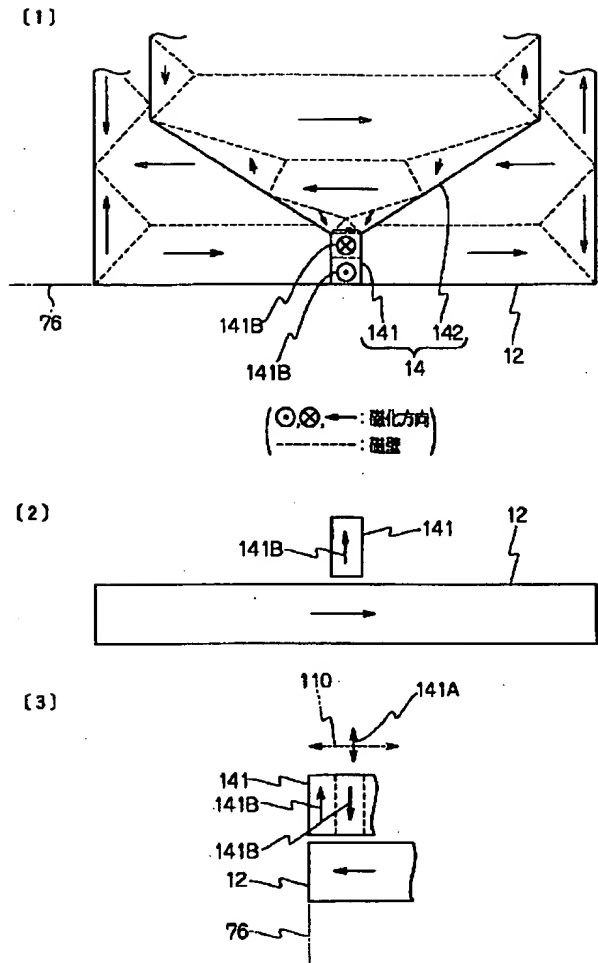
【図4】



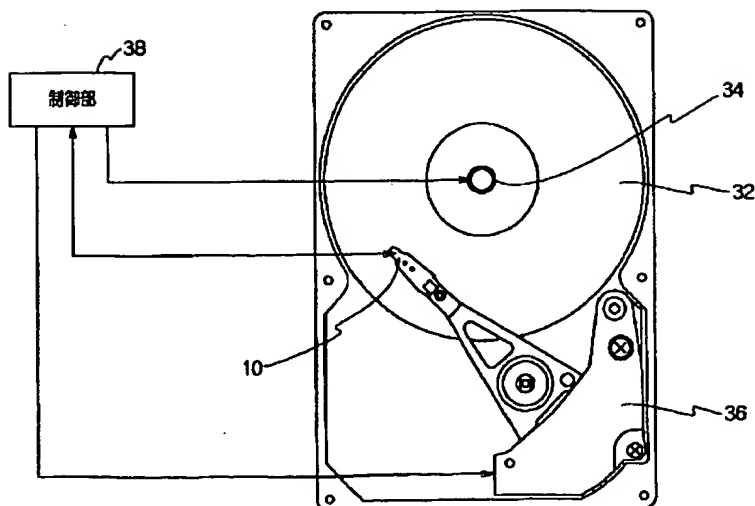
【図5】



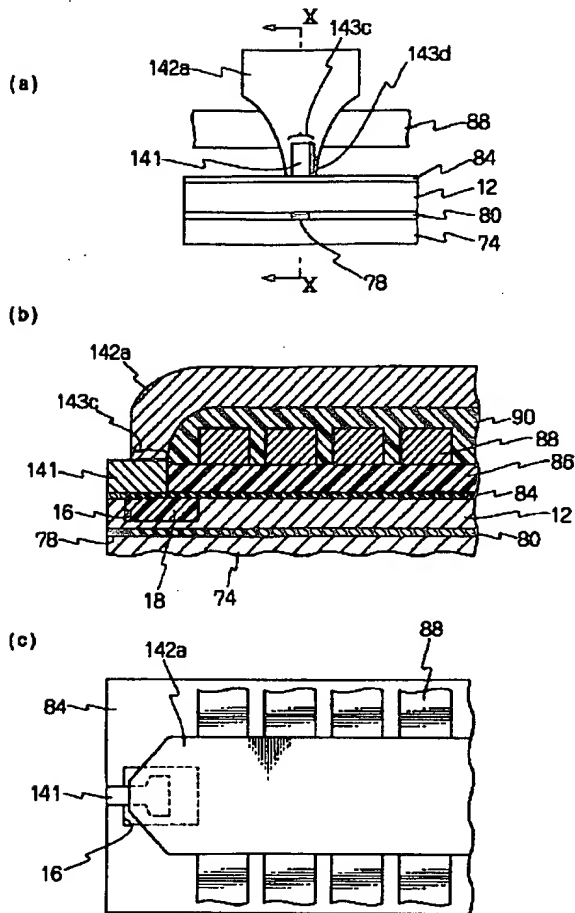
【図6】



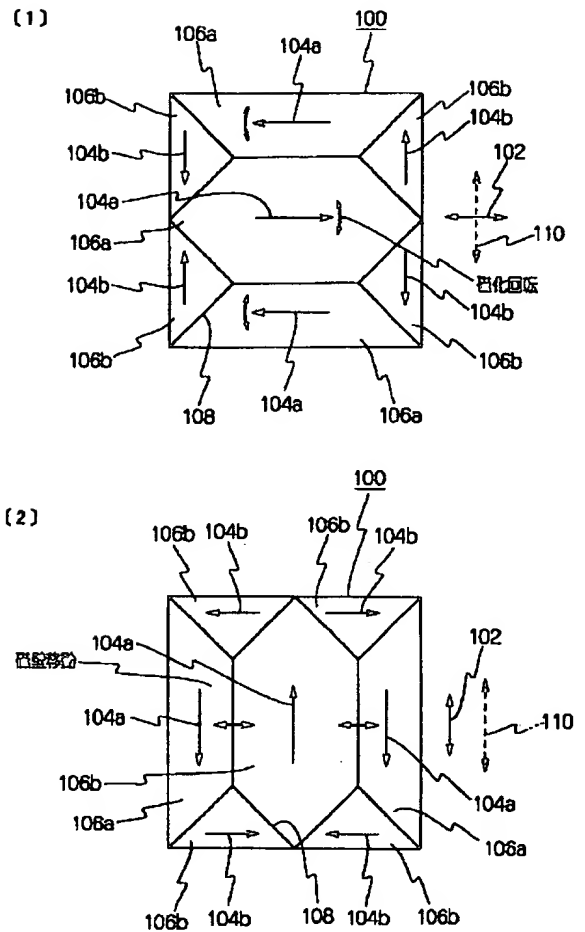
【図10】



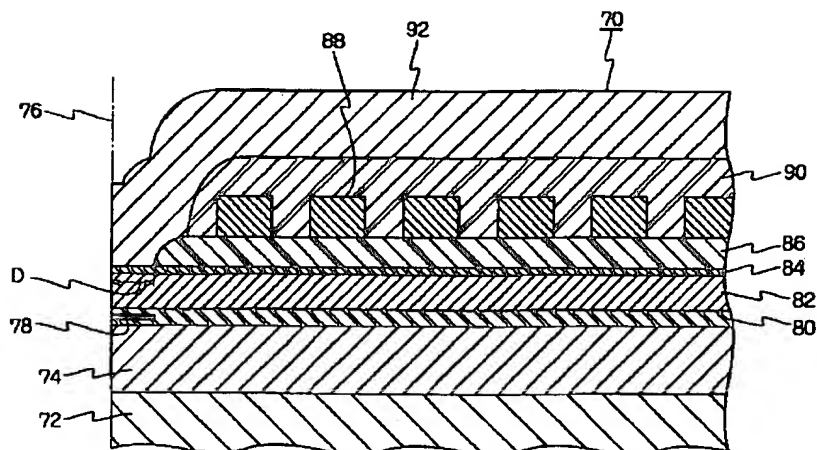
【図9】



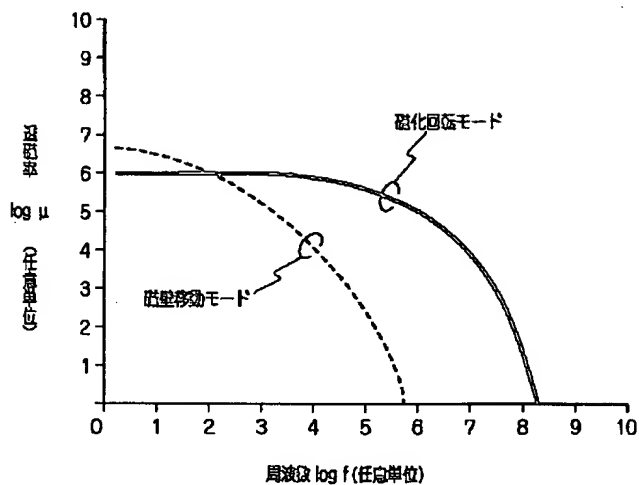
【図12】



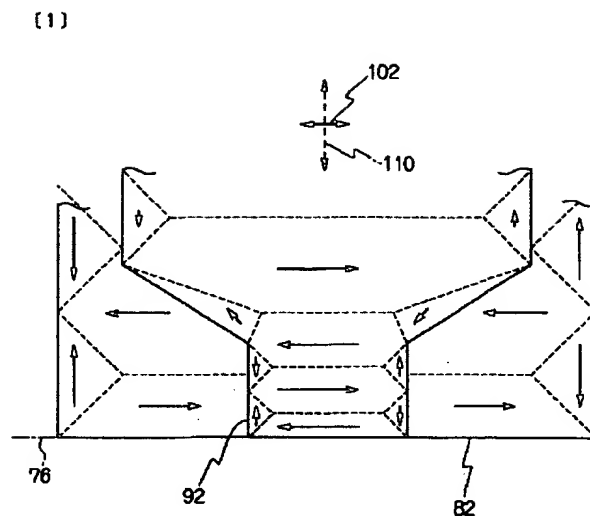
【図11】



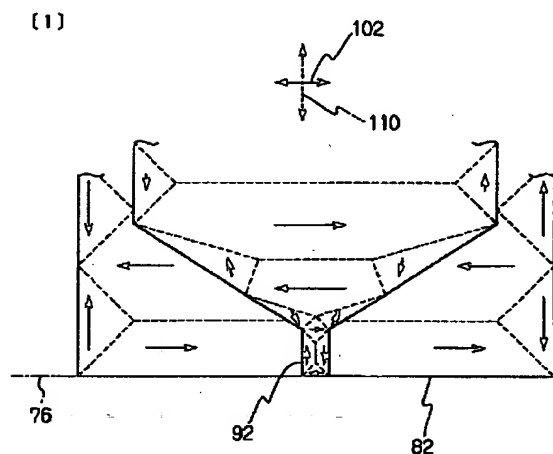
【図13】



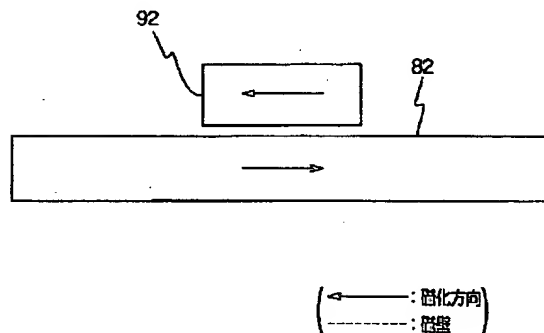
【図14】



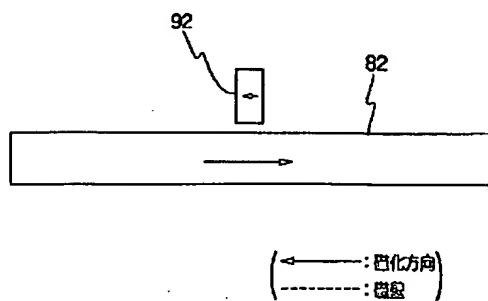
【図15】



(2)



(2)



フロントページの続き

(72) 発明者 鳥羽 環  
東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株  
式会社内

Fターム(参考) 5D033 BA08 BA12 BB43 CA01 DA02  
DA31  
5D034 AA02 BA03 BB02 CA06 DA07

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-011319

(43)Date of publication of application : 14.01.2000

(51)Int.Cl.

G11B 5/31

G11B 5/39

(21)Application number : 10-173304

(71)Applicant : NEC CORP

(22)Date of filing : 19.06.1998

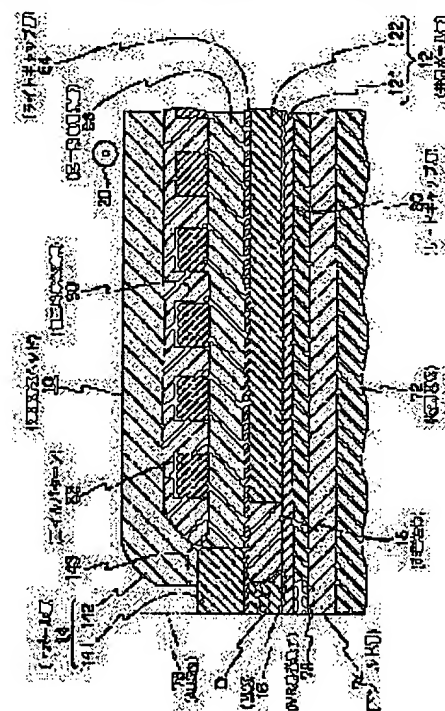
(72)Inventor : URAI HARUO  
SAITO SHINSAKU  
TOBA TAMAKI

(54) THIN FILM MAGNETIC HEAD AND MAGNETIC STORAGE DEVICE USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent degradation of high frequency characteristics attendant with narrowing of a track.

SOLUTION: A thin film magnetic head 10 is constituted by laminating a lower shielding layer 74, a read gap layer 80 holding a MR magnetic sensitive element 78 between ABS surfaces 76, a common pole layer 12 serving both as an upper shielding layer and a lower pole layer and a write gap layer 84 in this order on an insulating substrate 72, laminating a first level difference dissolving layer 86, a coil pattern layer 88 and a second level difference dissolving layer 90 in this order on the write gap layer 84 except the vicinity of the ABS surface 76 and laminating an upper pole layer 14 on the write gap layer 84 near the ABS surface 76 and the second level difference dissolving layer 90. Thereby the easily-magnetized axis of the upper pole layer 14 on the ABS surface 76 is in the film thickness direction of the upper pole layer 14 and the high frequency characteristics of magnetization rotation mode is obtained.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 19.06.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 19.02.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3324507

[Date of registration] 05.07.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2002-03365

[Date of requesting appeal against examiner's 27.02.2002  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the thin film magnetic head which consists of a point which faces an above top pole layer a ABS side in the thin film magnetic head to which it comes to carry out the laminating of a lower pole layer, a light gap layer, and the upper pole layer one by one in a ABS side, and the yoke section connected to this point through the connection, and is characterized by the easy axis of the aforementioned point in a ABS side being the direction of thickness of the point concerned.

[Claim 2] It has the following and the easy axis of the aforementioned point in a ABS side is the direction of thickness of the point concerned. A crevice is established in the bottom pole layer of the above of the position distant from the ABS side, and this crevice is filled up with non-magnetic material. The depth of gap between an above top pole layer and the bottom pole layer of the above is specified by this crevice. The laminating of the light gap layer is carried out on the lower pole layer characterized by things, and on the aforementioned light gap [ near the ABS side ] layer the [ a first-stage difference dissolution layer, a coil pattern layer, and ] — the thin film magnetic head which the laminating of the 2 level-difference dissolution layer is carried out to this order, and comes to carry out the laminating of the upper pole layer on the aforementioned light gap layer near the ABS side at least An above top pole layer is a point which faces a ABS side. The yoke section connected to this point through the connection

[Claim 3] It has the following and the easy axis of the aforementioned point in a ABS side is the direction of thickness of the point concerned. A crevice is established in the aforementioned common pole layer of the position distant from the ABS side, and this crevice is filled up with non-magnetic material. The depth of gap between an above top pole layer and the bottom pole layer of the above is specified by this crevice. The lead gap layer which pinched the lower shield layer on the insulating substrate characterized by things, and pinched MR magnetosensitive element to the ABS side, The laminating of the common pole layer and light gap layer which serve both as an upper shield layer and a lower pole layer is carried out to this order. the aforementioned light gap layer [ near the ABS side ] top — the / a first-stage difference dissolution layer, a coil pattern layer, and / — the thin film magnetic head which the laminating of the 2 level-difference dissolution layer is carried out to this order, and comes to carry out the laminating of the upper pole layer on the aforementioned light gap layer near the ABS side at least An above top pole layer is a point which faces a ABS side. The yoke section connected to this point through the connection

[Claim 4] The thin film magnetic head according to claim 3 whose aforementioned MR magnetosensitive element is a GMR type.

[Claim 5] The thin film magnetic head according to claim 3 by which a shield-under the above layer is formed by the spatter.

[Claim 6] The aforementioned point at least is the thin film magnetic head of an above top pole layer according to claim 1, 2, or 3 which saturation magnetic flux density becomes from the material beyond 1.6T.

[Claim 7] The aforementioned point in a ABS side is the thin film magnetic head according to claim 1, 2, or 3 which the relation to  $t > W$  with the nose-of-cam width of face W perpendicular to



the Thickness  $t$  and this thickness  $t$  has become.

[Claim 8] The aforementioned point in a ABS side is the thin film magnetic head according to claim 1, 2, or 3 which the relation to  $t > 3W$  with the nose-of-cam width of face  $W$  perpendicular to the Thickness  $t$  and this thickness  $t$  has become.

[Claim 9] The thin film magnetic head according to claim 2 or 3 which is narrow as the configuration of the deep pool by the side of the ABS side of the aforementioned crevice approaches a ABS side.

[Claim 10] The aforementioned yoke section in the aforementioned connection is the thin film magnetic head according to claim 1, 2, or 3 in contact with the upper surface of the aforementioned point and the both-sides side, and the aforementioned light gap layer.

[Claim 11] Magnetic storage equipped with the driving means which produce relative motion between the thin film magnetic head according to claim 1, 2, or 3, a magnetic storage medium, and this magnetic storage medium and the aforementioned thin film magnetic head.

[Claim 12] The width of recording track of the aforementioned magnetic storage medium is 1.2. Magnetic recording medium according to claim 11 which is below  $\mu\text{m}$ .

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to the thin film magnetic head of an inductive mold, and the magnetic storage which used this.

[0002]

[Description of the Prior Art] In recent years, there is a remarkable thing in elevation of the recording density of a hard disk drive unit. When the recording density in 1990 and afterwards is seen, it is in the inclination to go up at about 60% of a rate by the annual rate. In order to raise the recording density of a hard disk drive unit, it is necessary to raise recording track density by narrowing the width of recording track of the magnetic head. Furthermore, for improvement in recording density, improvement in record bit density is also important to the same extent. To improvement in record bit density, although the coercive force ( $H_c$ ) of a magnetic storage medium needs to be increased, the high inductive recording head of record capacity is needed for the writing to the magnetic storage medium of high  $H_c$ . Furthermore, in order to detect the signal from a minute record bit efficiently, MR reproducing head is needed. Therefore, the thin film magnetic head of the MR and the inductive compound die which combined MR reproducing head and the inductive recording head is promising to high-density record.

[0003] Drawing 11 is the cross section showing the conventional thin film magnetic head.

Hereafter, it explains based on this drawing.

[0004] The laminating of the common pole layer 82 and the light gap layer 84 which serve both as the lead gap layer 80 and upper shield layer to which the conventional thin film magnetic head 70 pinched the lower shield layer 74 on the insulating substrate 72, and pinched the MR magnetosensitive element 78 to the ABS side 76, and a lower pole layer is carried out to this order. The laminating of the 2 level-difference dissolution layer 90 is carried out to this order. the light gap layer 84 top except about 76 ABS side -- the [ the first-stage difference dissolution layer 86, the coil pattern layer 88, and ] -- It comes to carry out the laminating of the upper pole layer 92 to the light gap layer 84 top of about 76 ABS side, and the first-stage difference dissolution layer 86 top list on the second level difference dissolution layer 90.

[0005] The common pole layer 82 serves as the role of the upper shield layer which raises the re-biodegradation ability of MR reproducing head, and the lower pole layer of an inductive recording head. The MR magnetosensitive element 78 detects the signal magnetic field from the magnetic storage medium which counters in respect of [ 76 ] ABS and which is not illustrated. The thickness of the light gap layer 84 serves as a gap of an inductive recording head. The first-stage difference dissolution layer 86 serves as an insulating foundation of the coil pattern layer 88, and the second level difference dissolution layer 90 cancels the irregularity of the coil pattern layer 88. The portion without the first-stage difference dissolution layer 86 on the light gap layer 84 in about 76 ABS side specifies depth-of-gap D of an inductive recording head. Recording track width of face is determined by the nose-of-cam width of face W of the upper pole layer 92 (not shown). In addition, it is the thing of the width of face in a direction perpendicular to the drawing in the ABS side 76 (point) of the upper pole layer 92, and is indicated in drawing 2 etc. as the nose-of-cam width of face W.

[0006] In order to heighten the record capacity at the time of high-density record, it is necessary to make depth-of-gap D small to about 1 micrometer or less. Moreover, in order to correspond to high recording density, it is required to realize the upper pole layer 92 with the narrowest possible nose-of-cam width of face W. Furthermore, since the data transfer rate of record reproduction will also become high if recording density (especially track recording density) becomes high, high-speed record capacity is needed for the magnetic head dealing with high-density record.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The first technical problem is the point that sufficient pattern precision for making detailed depth-of-gap D and nose-of-cam width of face W is not acquired. It explains in detail below.

[0008] In order to form required depth-of-gap D, you have to carry out remarkable approach of the first-stage difference dissolution layer 86 which specifies depth-of-gap D at the ABS side 76 side. Therefore, in the conventional thin film magnetic head 70, when forming the resist frame pattern (not shown) for forming the upper pole layer 92 with frame plating, there were the following problems.

[0009] The first-stage difference dissolution layer 86 and after reaching coil pattern layer 88 and carrying out the laminating of the second level difference dissolution layer 90 one by one, a resist frame pattern is formed. At this time, the big level difference has arisen in the point between the light gap layer 84 and the second level difference dissolution layer 90. Therefore, since the resist thickness of the resist frame pattern in a point is set to 10 micrometers or more, the precision at the time of carrying out exposure formation of the narrow pattern falls. Moreover, the nose-of-cam side of the first-stage difference dissolution layer 86 and the first-stage difference dissolution layer 90 is a curved-surface configuration. Therefore, when the light at the time of exposure reflects in the curved surface, it is easy to produce exaggerated exposure in about 76 ABS side of a resist frame pattern.

[0010] Consequently, as for the resist frame pattern for forming the point of the upper pole layer 92, a \*\* truck pattern is no longer obtained by large thickness and partial exaggerated exposure. Therefore, if it is going to obtain required depth-of-gap D, it will be hard coming to obtain the required nose-of-cam width of face W.

[0011] Supposing the second technical problem realizes detailed-ization of the nose-of-cam width of face W, i.e., the formation of a \*\* truck, it is the point that a RF property deteriorates. It explains in detail below.

[0012] Drawing 12 is explanatory drawing showing the magnetic-domain structure of a magnetic thin film. Drawing 13 is a graph which shows the frequency dependence of the permeability of a magnetic thin film. Hereafter, it explains based on drawing 11 or drawing 13.

[0013] It depends for the frequency response of the recording characteristic/reproducing characteristics of the thin film magnetic head 70 on the record pole magnetic-domain configuration greatly. As shown in drawing 12, the permeability of the sheet-like magnetic thin film 100 changes a lot by the direction of the easy axis 102 of a magnetic thin film 100, and the direction of the signal magnetic field 110 impressed from the outside. The magnetic-domain structure in a magnetic thin film 100 is the reflux magnetic-domain structure out of which a magnetic field does not come to \*\*\*\* of a magnetic-thin-film pattern, when magnetic-domain 106a which has magnetization direction 104a parallel to an easy axis 102 occupies most and triangle-like magnetic-domain 106b which has magnetization direction 104b perpendicular to an easy axis 102 adjoins magnetic-domain 106a. The boundary of each magnetic domain 106a and 106b is a magnetic domain wall 108.

[0014] As shown in drawing 12 [1], the case where an easy axis 102 and the signal magnetic field 110 go direct is called "rotation magnetization mode." As shown in drawing 12 [2], the case where an easy axis 102 and the signal magnetic field 110 are parallel is called "magnetic-domain-wall move mode." As shown in drawing 13, about 2 figures of a RF property are [ rotation magnetization mode ] better than the magnetic-domain-wall move mode. This depends the rotational speed of magnetization on it being quicker than the traverse speed of a magnetic domain wall 2-3 figures.

[0015] this -- being reflected -- the conventional thin film magnetic head -- Fig.6.29 (p. 6.34) of "Magnetic Recording Technology, 2nd Edition" of the volume on C.D.Mee & E.D.Daniel, and MacGraw Hill issue -- and -- Fig.6.30 (p. 6.35) It is formed so that the magnetic-domain structure which has a magnetic anisotropy perpendicular to the magnetic-domain structure shown, i.e., a signal magnetic field, and has magnetization perpendicular to a signal magnetic field at the record pole nose of cam may be taken. [ (

[0016] Drawing 14 is explanatory drawing showing the magnetic-domain structure of the conventional thin film magnetic head, drawing 14 [1] is a plan and drawing 14 [2] is front view. Drawing 15 is explanatory drawing showing the magnetic-domain structure of the conventional thin film magnetic head at the time of making it a \*\* truck, drawing 15 [1] is a plan and drawing 15 [2] is front view. Hereafter, it explains based on drawing 11, drawing 14, and drawing 15.

[0017] As shown in drawing 14, in the thin film magnetic head 70, the magnetic-domain structure of the common pole layer 82 and the upper pole layer 92 is formed so that an easy axis 102 may go to the signal magnetic field 110 direct. This has realized rotation magnetization mode.

[0018] However, by the point of the upper pole layer 92, if recording track width of face becomes small as shown in drawing 15, in order to prevent the increase of an anti-magnetic field of pattern \*\*\*\*, even if an easy axis 102 is perpendicular to the signal magnetic field 110, magnetization will become arrangement in alignment with pattern \*\*\*\*. Besides, with the magnetic-domain structure of the point of the pole layer 92, since the response of the magnetization to the signal magnetic field 110 serves as the magnetic-domain-wall move mode, a RF property deteriorates.

[0019]

[Objects of the Invention] Then, the purpose of this invention is to offer the thin film magnetic head which can make detailed depth-of-gap D and nose-of-cam width of face W with a sufficient precision, and the magnetic storage using this, without causing degradation of the RF property by the formation of a \*\* truck.

[0020]

[Means for Solving the Problem] In a ABS side, as for the thin film magnetic head concerning this invention, it comes to carry out the laminating of a lower pole layer, a light gap layer, and the upper pole layer one by one. And an above top pole layer consists of the yoke section connected to the point which faces a ABS side, and this point through the connection, and the easy axis of the aforementioned point in a ABS side has become in the direction of thickness of the point concerned. Since the easy axis of the point of an upper pole layer is the direction of thickness of a point, it becomes perpendicular to a signal magnetic field. Therefore, the frequency response at the time of record serves as magnetization rotation mode.

[0021] the aforementioned light gap layer [ as for the thin film magnetic head according to claim 2, the laminating of the light gap layer is carried out on a lower pole layer, and / near the ABS side ] top -- the / a first-stage difference dissolution layer, a coil pattern layer, and / -- the laminating of the 2 level-difference dissolution layer is carried out to this order, and it comes to carry out the laminating of the upper pole layer on the aforementioned light gap layer near the ABS side at least And an above top pole layer consists of the yoke section connected to the point which faces a ABS side, and this point through the connection, the easy axis of the aforementioned point in a ABS side is the direction of thickness of the point concerned, a crevice is established in the bottom pole layer of the above of the position distant from the ABS side, this crevice is filled up with non-magnetic material, and the depth of gap between an above top pole layer and the bottom pole layer of the above is specified by this

[0022] The depth of gap is prescribed by the distance from a ABS side to the deep pool of a crevice rather than is prescribed by the distance from a ABS side to the nose of cam of a first-stage difference dissolution layer. Since a crevice is formed in a flat lower pole layer, the trouble in the photolithography technology for forming a crevice is not produced. Moreover, since the resist frame pattern for forming the point of an upper pole layer can fully separate a first-stage difference dissolution layer from a ABS side, thickness does not become large or it does not become exaggerated exposure. Therefore, width of face of the point of an upper pole layer can

be narrowed. Even if it narrows this width of face, the frequency response at the time of record serves as magnetization rotation mode for the above-mentioned reason.

[0023] The lead gap layer to which the thin film magnetic head according to claim 3 pinched the lower shield layer on the insulating substrate, and pinched MR magnetosensitive element to the ABS side, The laminating of the common pole layer and light gap layer which serve both as an upper shield layer and a lower pole layer is carried out to this order. the aforementioned light gap layer [ near the ABS side ] top -- the / a first-stage difference dissolution layer, a coil pattern layer, and / -- the laminating of the 2 level-difference dissolution layer is carried out to this order, and it comes to carry out the laminating of the upper pole layer on the aforementioned light gap layer near the ABS side at least And an above top pole layer consists of the yoke section connected to the point which faces a ABS side, and this point through the connection, the easy axis of the aforementioned point in a ABS side is the direction of thickness of the point concerned, a crevice is established in the aforementioned common pole layer of the position distant from the ABS side, this crevice is filled up with non-magnetic material, and the depth of gap between an above top pole layer and the bottom pole layer of the above is specified by this crevice. That is, the thin film magnetic head according to claim 3 is the thin film magnetic head of the MR and the inductive compound die which combined MR reproducing head and the inductive recording head.

[0024] The thin film magnetic head according to claim 4 to 10 limits a part of component in the thin film magnetic head according to claim 1, 2, or 3. The thin film magnetic head according to claim 1, 2, or 3 is used for magnetic storage according to claim 11 or 12.

[0025] In the thin film magnetic head according to claim 3, the aforementioned MR magnetosensitive element of the thin film magnetic head according to claim 4 is a GMR type. the film composition of a GMR magnetosensitive element -- for example, a lower shield layer side to Ta (3nm), NiFe (8nm), CoFe (1nm), Cu (2.5nm), CoFe (3nm), and NiMn (30nm) it is . A magnetic-reluctance ratio is twice [ about ] the magnetic-reluctance ratio of about 5% and the conventional MR magnetosensitive element, and this MR magnetosensitive element has become what was suitable as the reproduction magnetic head of \*\* truck high density.

[0026] As for the thin film magnetic head according to claim 5, a shield-under the above layer is formed by the spatter in the thin film magnetic head according to claim 3. For example, a lower shield layer carries out spatter membrane formation of the amorphous CoTaMo, heat-treats in an anisotropy grant magnetic field by 350 \*\* after film formation, and forms a lower shield pattern configuration in after an appropriate time by ion milling. The diameter of crystal grain becomes it is small and smooth from the front face of the NiFe film which the front face produced with plating as a lower shield layer is a spatter film. Therefore, the property of MR magnetosensitive element established on it becomes good.

[0027] In the thin film magnetic head according to claim 1, 2, or 3, even if there are few above top pole layers, as for the thin film magnetic head according to claim 6, the aforementioned point consists of material beyond saturation-magnetic-flux-density 1.6T. Such a material is a CoFeNi system material whose saturation magnetic flux density is more than 1.8T. Recording track width of face becomes possible [ compensating reduction of the generating record magnetic field by the bird clapper narrowly ] by this, and the magnetic head suitable for \*\* truck record is realized.

[0028] In the thin film magnetic head according to claim 1, 2, or 3, t and nose-of-cam width of face perpendicular to this thickness t are set to W for the thickness of the aforementioned point in a ABS side. By the thin film magnetic head according to claim 7, it is  $t > 3W$  by  $t > W$  and the thin film magnetic head according to claim 8. The shape anisotropy according that it is  $t > W$  to the difference of an anti-magnetic field inside the magnetic substance is formed in the direction of thickness. for forming the easy axis by this shape anisotropy in the direction of thickness -- an in thorin -- when a chic magnetic anisotropy and the distortion induced anisotropy by stress, such as a pole height lap, are taken into consideration, it is desirable that it is  $t > 3W$

[0029]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the operation gestalt which starts this invention using a drawing is explained. However, in a complete diagram, it supposes that the same sign is given

to the same portion, and this omits duplication explanation.

[0030] Drawing 1 and drawing 2 show the first operation gestalt (basic composition) of the thin film magnetic head concerning this invention, and I-I line drawing of longitudinal section [ in / drawing 2 / in drawing 1 ] and drawing 2 are the perspective diagrams which omitted the part. Hereafter, it explains based on these drawings.

[0031] The laminating of the common pole layer 12 and the light gap layer 84 which serve both as the lead gap layer 80 and upper shield layer to which the thin film magnetic head 10 of this operation gestalt pinched the lower shield layer 74 on the insulating substrate 72, and pinched the MR magnetosensitive element 78 to the ABS side 76, and a lower pole layer is carried out to this order. On the light gap layer 84 except about 76 ABS side, they are the first-stage difference dissolution layer 86 and the thing which reaches coil pattern layer 88, and the laminating of the second level difference dissolution layer 90 is carried out to this order, and reaches on the about 76 ABS side light gap layer 84 and which comes to carry out the laminating of the upper pole layer 14 on the second level difference dissolution layer 90. And a crevice 16 is established in the common pole layer 12 of the position distant from the ABS side 76, a crevice 16 is filled up with non-magnetic material 18, and depth-of-gap D between the upper pole layer 14 and the common pole layer 12 is specified by the crevice 16. Depth-of-gap D is shown in drawing 1 , and the nose-of-cam width of face W is shown in drawing 2 , respectively.

[0032] MR reproducing head is constituted by the common pole layer 12 grade as the MR magnetosensitive element 78, the lower shield layer 74, the lead gap layer 80, and an upper shield layer. The inductive recording head is constituted by the common pole layer 12 as a lower pole layer, the light gap layer 84, the first-stage difference dissolution layer 86, the coil pattern layer 88, the second level difference dissolution layer 90, and the upper pole layer 14 grade. The common pole layer 12 consists of a lower common pole layer 121 and an upper common pole layer 122, and a part of common pole layer 122 penetrates, and it serves as a crevice 16. The upper pole layer 14 consists of a point 141 which faces the ABS side 76, and the yoke section 142 linked to a point 141. A point 141 and the yoke section 142 are connected through the connection 143. In the crevice 16, the non-magnetic material 18 which consists of a resist is embedded evenly. The front face of the common pole layer 122 and the front face of non-magnetic material 18 are flat-tapped. The high Bs material whose saturation magnetic flux density (Bs) is 1.4-2.1T is used for the point 141 and the common pole layer 12.

[0033] Depth-of-gap D is prescribed by the distance from the ABS side 76 to the deep pool of a crevice 16 rather than is prescribed by the distance from the ABS side 76 to the nose of cam of the first-stage difference dissolution layer 86. A crevice 16 is formed in the common pole layer 12 as a flat lower pole layer. Therefore, especially a trouble is not produced with the photolithography technology which forms a crevice 16. Moreover, since the resist frame pattern (not shown) for forming a point 141 can reach first-stage difference dissolution layer 86 and the second level difference dissolution layer 90 can fully be separated from the ABS side 76, thickness does not become large, or it does not become exaggerated exposure, and a highly precise \*\* truck pattern is obtained.

[0034] Easy-axis 12A of the common pole layer 12 is substantially perpendicular to the signal magnetic field 110. Easy-axis 141A of a point 141 is substantially parallel to the direction of thickness (that is, perpendicular to a magnetic-film side). Easy-axis 142A of the yoke section 142 is perpendicular to the signal magnetic field 110 in a magnetic-film side. The thickness t of a point 141 and the nose-of-cam width of face W are the relation of  $t > W$ .

[0035] Drawing 3 or drawing 5 is the cross section showing an example of the manufacture method of the thin film magnetic head of drawing 1 . This cross section is cut like drawing 1 in the recording track width-of-face core of the thin film magnetic head. Hereafter, based on this drawing, the manufacture method of the thin film magnetic head of drawing 1 is explained.

[0036] Process (a) — drawing 3 (a) It is aluminum 2O3 to the aluminum2 O3-TiC ceramic substrate used as slider material first. On the insulating substrate 72 which prepared the insulating layer, a NiFe ground film (not shown) is formed with plating. Then, a resist pattern predetermined at an exposure development process is formed, and the lower shield layer 74

which consists of a NiFe plating film of 2 micrometers of thickness is formed with plating. During this plating membrane formation, the anisotropy grant magnetic field 20 is beforehand impressed by the intensity of about 100 Oe so that the easy axis of the lower shield layer 74 may become perpendicular to a signal magnetic field within a film surface. Then, a resist frame is removed by the organic solvent and a NiFe ground film is removed by the dry etching method. Hereafter, since the process of membrane formation of the plating ground accompanying frame plating, removal, and resist removal is the same as this anywhere, the explanation is omitted. then, aluminum 2O3 of 100nm of thickness from — the bottom section of the becoming lead gap layer 80 is formed by the spatter, and the MR magnetosensitive element 78 which detects a signal magnetic field from a magnetic storage medium is formed In addition, the MR magnetosensitive element 78 is a software AJIEI cent layer MR element which consists of three layer structures of CoZrMo (20nm) / Ta (15nm) / NiFe (20nm). furthermore, aluminum 2O3 of 80nm of thickness from — the top section of the becoming lead gap layer 80 is formed by the spatter

[0037] Process (b) — The resist frame pattern of the common pole layer 121 of the drawing 3 (b) bottom is formed at an exposure development process, and the common pole layer 121 which consists of a NiFe plating film of 1 micrometer of thickness is formed with frame plating. Also during this plating membrane formation, it is a process (a). The same anisotropy grant magnetic field 20 is impressed.

[0038] Process (c) — In order [ which specifies drawing 3 (c) depth-of-gap D ] to form the rectangle-like crevice 16 superficially, a rectangular resist pattern is formed at an exposure development process, and the upper common pole layer 122 which consists of a NiFe plating film of 1.5 micrometers of thickness is formed with plating. Also during this plating membrane formation, it is a process (a). The same anisotropy grant magnetic field 20 is impressed. A crevice 16 is formed by removing a rectangular resist pattern after a plating end.

[0039] Process (d) — In order to embed the non-magnetic material 18 which becomes the portion of the drawing 4 (d) crevice 16 from a resist, the resist pattern of 1.5 times as much thickness as the common pole layer 122 is formed at an exposure development process. Then, a resist is softened using oven or a hot plate with 100–120 degrees C and heat treatment for 30 minutes, and this embeds the crevice 16 interior by the resist. Then, it is made to heat-harden in further 250–270 degrees C and 30 minutes. At this time, the upper part of the common pole layer 122 and the upper part of a resist become flatness mostly.

[0040] Process (e) — aluminum 2O3 of 350nm of drawing 4 (e) thickness The light gap layer 84 is formed by forming a film by the spatter.

[0041] Process (f) — 4 micrometers of drawing 4 (f) thickness, and the width of recording track 1.2 (nose-of-cam width of face W) In order to realize the upper pole layer 14 of mum, the point 141 which consists of a NiFe plating film is formed with frame plating. During this plating membrane formation, the easy axis of a point 141 is formed at right angles to a film surface by carrying out about 500 Oe impression of the anisotropy grant magnetic field 22 perpendicular to a film surface.

[0042] Process (g) — A resist pattern is formed for the first-stage difference dissolution layer 86 of thickness almost equal to the thickness of the drawing 5 (g) point 141 at an exposure development process. Then, a resist is softened in oven or a hot plate with 100–120 degrees C and heat treatment for 30 minutes, and the first-stage difference dissolution layer 86 is formed by making a resist heat-harden in further 250–270 degrees C and 30 minutes.

[0043] Process (h) — drawing 5 (h) After forming the resist pattern of a predetermined configuration at an exposure development process, the coil pattern 88 which consists of a Cu plating film of 3 micrometers of thickness is formed with plating.

[0044] Process (i) — By forming the drawing 5 (i) resist pattern in a configuration predetermined at an exposure development process, it forms second level difference dissolution layer 90. Then, a resist is softened in oven or a hot plate with 100–120 degrees C and heat treatment for 30 minutes, and a resist is made to heat-harden in further 250–270 degrees C and 60 minutes.

[0045] Process (j) — The resist frame pattern which forms the yoke section 142 is formed at an exposure development process so that the yoke section 142 may lap with the connection 143 behind the drawing 1 point 141. Then, the yoke section 142 which consists of a NiFe film of 3



micrometers of thickness equal to a point 141 is formed with frame plating. During this plating membrane formation, it is a process (a). The same anisotropy grant magnetic field 20 is impressed.

[0046] Drawing 6 is explanatory drawing showing the magnetic-domain structure of the thin film magnetic head 10, and, for drawing 6 [1], a plan and drawing 6 [2] are [ front view and drawing 6 [3] ] side elevations. Hereafter, based on this drawing, operation of the thin film magnetic head 10 is explained.

[0047] Easy-axis 141A of a point 141 and the signal magnetic field 110 are shown in drawing 6 [3]. As shown in drawing 6 [1], the yoke section 142 shows magnetic-domain structure equivalent to the conventional thin film magnetic head. On the other hand, since the point 141 has the direction perpendicular to a film surface of the magnetic anisotropy, it has magnetic-domain structure with magnetization direction 141B perpendicular to a film surface. If the signal magnetic field 110 is impressed to the upper pole layer 14 with such magnetic-domain structure, magnetization direction 141B of a point 141 will become the rotation magnetization mode which showed change of the magnetization in drawing 12 [1] since it was perpendicular to the signal magnetic field 110.

[0048] In addition, the above explanation has described the impression magnetic field from the outside to the example as a signal magnetic field. However, at the time of record by the actual thin film magnetic head 10, the magnetic field (excitation magnetic field) impressed to the upper pole layer 14 is generated by the current which flows in the coil pattern layer 88. Although it is needless to say, the magnetization response of a point 141 to an excitation magnetic field is equivalent to the magnetization response by the signal magnetic field from the outside.

[0049] Drawing 7 is the plan in which omitting a part and showing the second operation gestalt (crevice corner configuration) of the thin film magnetic head concerning this invention. Hereafter, it explains based on this drawing.

[0050] In the process shown by drawing 3 (c), the horizontal cross-section configuration of the crevice 16 established in the common pole layer 122 is a rectangle. On the other hand, the crevice 161 in this operation gestalt is narrow as are shown in drawing 8 and the configuration of the deep pool by the side of the ABS side 76 of a crevice 161 approaches the ABS side 76. Thereby, magnetic reluctance can be lowered. At this time, connection 143a is made smaller than the appearance of a crevice 161. Thereby, since the leakage of magnetic flux can be restricted, an inductive recording head with sufficient magnetic-recording efficiency is obtained.

[0051] Drawing 8 is the plan in which omitting a part and showing the third operation gestalt (crevice round shape) of the thin film magnetic head concerning this invention. Hereafter, it explains based on this drawing.

[0052] As the crevice 162 in this operation gestalt is shown in drawing 9 , the horizontal cross-section configuration is a round shape mostly. Thereby, magnetic reluctance can be lowered further. At this time, connection 143b is taken as a round shape smaller than the appearance of a crevice 162. Thereby, since the leakage of magnetic flux can be restricted, an inductive recording head with sufficient magnetic-recording efficiency is obtained.

[0053] It is the plan in which drawing 9's showing the fourth operation gestalt (a connection or \*\*\*\*\*) of the thin film magnetic head concerning this invention, and the front view omitting and showing a part, X-X line drawing of longitudinal section [ in / drawing 9 (a) / in drawing 9 (b) ], and drawing 9 (c) omitting a part, and showing drawing 9 (a). Hereafter, it explains based on these drawings.

[0054] Yoke section 142a is connected to the point 141 through Connections 143c and 143d. Connection 143c is the upper surface of a point 141, and 143d of connections is the both-sides side of a point 141. That is, yoke section 142a covers the periphery of a point 141, and also touches the light gap layer 84. According to this operation gestalt, since the touch area in a connection is large, the magnetic reluctance in a connection can be lowered. Moreover, there is sufficient margin to the connection precision which connects yoke section 142a and a point 141. Moreover, since the configuration of a portion of specifying the width of recording track of a point 141 also by the case of such a configuration does not change, it is not influenced by the configuration the magnetic-domain structure of whose is Connections 143c and 143d.

[0055] Drawing 10 is the outline block diagram showing 1 operation gestalt of the magnetic storage using the thin film magnetic head concerning this invention. Hereafter, it explains based on this drawing.

[0056] The magnetic storage 30 of this operation gestalt is constituted by the control-section 38 grade which operates based on instructions of a shell to the spindle motor 34 which rotates the thin film magnetic head 10 of the first operation gestalt, the magnetic storage medium 32, and the magnetic storage medium 32, the voice coil motor 36 to which the thin film magnetic head 10 is moved on the magnetic storage medium 32, and the high order equipment which is not illustrated. A control section 38 performs record and reproduction of data to the magnetic storage medium 32 by the thin film magnetic head 10 while driving a spindle motor 34 and a voice coil motor 36.

[0057] Since the thin film magnetic head 10 is used for the magnetic recording medium of this operation form, recording track width of face is 1.2 micrometers or less. Recording density realizable by this width of recording track is 4G bit / (inch) 2. It is above. Therefore, if a 3.5 inch phi disk is used, the magnetic recording medium which has 5 G bytes or more per sheet of high recording density can provide easily.

[0058] In addition, this invention cannot be overemphasized and is not limited to the above-mentioned operation form. For example, the thin film magnetic head which consists only not only of the thin film magnetic head of MR and an inductive compound die but of an inductive mold, the compound-die thin film magnetic head of the reproducing heads other than MR type and the recording head of an inductive mold, etc. are sufficient as the thin film magnetic head concerning this invention. Moreover, as a lower shield layer, spatter films, such as not only the plating film of NiFe but FeAlSi, CoZrTa, FeTa<sub>N</sub>, etc., are sufficient.

[0059]

[Effect of the Invention] Since the magnetization direction of a point can be made perpendicular to a signal magnetic field by having made in agreement the easy axis of the point of the upper pole layer in a ABS side in the direction of thickness of a point according to the thin film magnetic head concerning this invention, the magnetic field / magnetization arrangement in magnetization rotation mode are realizable. Therefore, since the magnetic field / magnetization arrangement of the magnetic-domain-wall move mode produced when a \*\* truck is formed with the conventional technology are avoidable, the RF property of the excitation magnetic field response at the time of forming a \*\* truck can be improved.

[0060] Moreover, a crevice is established in the lower pole layer or common pole layer of a position which is distant from a ABS side, this crevice is filled up with non-magnetic material, and when the depth of gap is specified by this crevice, the depth of gap is not prescribed by the distance from a ABS side to the nose of cam of a first-stage difference dissolution layer. Therefore, since a first-stage difference dissolution layer can fully be separated from a ABS side, thickness does not become large with level differences, such as a first-stage difference dissolution layer, or the resist frame pattern for forming the point of an upper pole layer does not become exaggerated exposure by the reflected lights, such as a first-stage difference dissolution layer. Therefore, since the depth of gap and nose-of-cam width of face can be made detailed with a sufficient precision, \*\* truck-ization can be attained easily. For example, with the conventional technology, it is 1.7 by g line exposure of Hg. mum The limitation formed the width of recording track. On the other hand, at this invention, it is 1.2. mum The width of recording track can be formed easily. It is 0.8 when the reduction projection exposure method by i line of Hg is applied to this invention. mum Formation of the following submicron \*\* truck record pole points is attained.

---

[Translation done.]